



18 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 41 17 367 C 2

51 Int. Cl.⁵
C 23 C 14/35
H 01 L 21/203

21 Aktenzeichen: P 41 17 367.8-45
22 Anmeldetag: 28. 5. 91
43 Offenlegungstag: 3. 12. 92
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 4. 11. 99

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

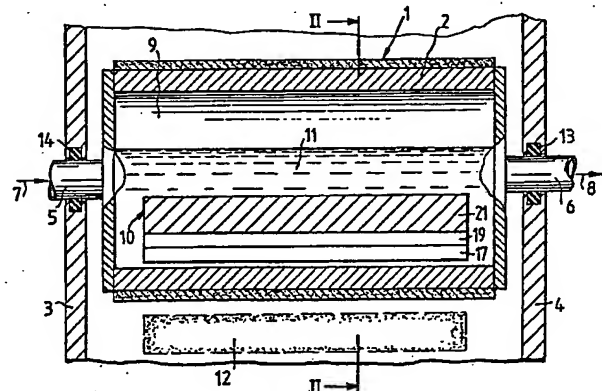
73 Patentinhaber:
Balzers und Leybold Deutschland Holding AG,
63450 Hanau, DE

72 Erfinder:
Hartig, Klaus, Dr., 6451 Ronneburg, DE; Dietrich,
Anton, Dr., Triesen, LI; Szczyrkowski, Joachim, Dr.,
8758 Goldbach, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DD 2 17 964

64 Verfahren zur Erzeugung eines homogenen Abtragprofils auf einem rotierenden Target einer
Sputtervorrichtung

57 Verfahren zur Erzeugung eines homogenen Abtragpro-
fils auf einem rotierenden Target, das insbesondere die
Form eines Rohrs hat, einer Sputtervorrichtung, die vor-
zugsweise mit einer Magnetronkatode ausgerüstet ist,
wobei das Plasma und der durch das Plasma erzeugte
Erosionsgraben die Form einer Rennbahn mit zwei lan-
gen Geraden und mit zwei Bögen bzw. Querschenkeln,
die die beiden langen Graben miteinander verbinden, ha-
ben, dadurch gekennzeichnet, daß das für die Stärke und
Formgebung des Plasmas maßgebende Magnetfeld, ins-
besondere die Geometrie des Magnetfelds, so variiert
wird, daß eine Konfiguration des Erosionsgrabens ent-
steht, die auf dem rotierenden Target ein rechteckiges
oder nahezu rechteckiges Abtragprofil (36) mit steilen
Erosionsflanken (37, 38) erzeugt.



DE 41 17 367 C 2

DE 41 17 367 C 2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung eines homogenen Abtragprofils auf einem rotierenden Target, das insbesondere die Form eines Rohrs hat, einer Sputtervorrichtung, die vorzugsweise mit einer Magnetronkatode ausgerüstet ist, wobei das Plasma und der durch das Plasma erzeugte Erosionsgraben die Form einer Rennbahn mit zwei langen Geraden und mit zwei Bögen bzw. Querschenkeln, die die beiden langen Geraden miteinander verbinden, haben.

Bei Zerstäubungsprozessen (Sputterprozessen) werden in der Praxis u. a. solche Hochleistungszerstäubungsvorrichtungen (Sputtervorrichtung) eingesetzt, bei denen durch ein Magnetfeld vor der Katode die Kollisions- und damit Ionisationswahrscheinlichkeit der Teilchen erhöht wird. Kernstück dieser Hochleistungszerstäubungsvorrichtungen ist die sogenannte Magnetronkatode.

Eine derartige Magnetronkatode wird beispielsweise in der deutschen Patentschrift 24 17 288 beschrieben.

Dort wird eine Katodenzerstäubungsvorrichtung mit hoher Zerstäubungsrate mit einer Katode, die auf einer ihrer Oberflächen das zu zerstäubende und auf einem Substrat abzulagernde Material aufweist, mit einer derart angeordneten Magneteinrichtung, daß von der Zerstäubungsfläche ausgehende und zu ihr zurückkehrende Magnetfeldlinien einen Entladungsbereich bilden, der die Form einer in sich geschlossenen Schleife hat, und mit einer außerhalb der Bahnen des zerstäubten und sich von der Zerstäubungsfläche zum Substrat bewegenden Materials angeordneten Anode gezeigt.

In der genannten Patentschrift wird vorgeschlagen, daß die zu zerstäubende und dem zu besprühenden Substrat zugewandte Katodenoberfläche eben ist, daß sich das Substrat nahe dem Entladungsbereich parallel zu der ebenen Zerstäubungsfläche über diese hinwegbewegen läßt, und daß die das Magnetfeld erzeugende Magneteinrichtung auf der der ebenen Zerstäubungsfläche abgewandten Seite der Katode angeordnet ist.

Zum Stand der Technik gehören weiterhin Sputteranlagen mit einer rotierenden Magnetronkatode. Der Prospekt der Firma Airco Coating Technology, A Division of the BOC Group, Inc. mit der Kennzeichnung ACT10110K988, weiterhin "Airco-Prospekt" genannt, beschreibt den Aufbau und die Arbeitsweise einer solchen an sich bekannten Sputteranlage mit einer rotierenden Magnetronkatode. Wie aus den Abbildungen und den Text des Airco-Prospekts ersichtlich, rotiert genau genommen nur das zylindrisch oder rohrförmig geformte Target. Im Innern des Targets befindet sich das stationäre Magnetaggregat der Magnetronkatode.

Wesentliche Bestandteile einer solchen an sich bekannten Magnetronkatode sind unter anderem, siehe hierzu den Airco-Prospekt, neben dem rotierenden zylindrischen Target und dem stationären Magnetaggregat das Targetantriebssystem, ein Wasserkühlsystem, eine Vakuumkammer, in der sich unter anderem das rotierende Target und das Substrat befinden, und eine Energieversorgungseinheit für die Katode. In der Praxis wird das Target als eine Schicht auf einem zum Beispiel aus Kupfer bestehendem Rohr aufgebracht. Das System, bestehend aus einer Targetschicht und Kupferrohr, rotieren vor dem brennenden Plasma.

Zum Stand der Technik gehört weiterhin die europäische Patentschrift 0070899. In dieser Schrift wird eine Vorrichtung zur Aufstäubung von dünnen Filmen eines ausgewählten Überzugsmaterials auf wesentlich planare Substrate, bestehend aus einer evakuierbaren Beschichtungskammer, einer in dieser Beschichtungskammer horizontal angebrachten Katode mit einem länglichen, zylindrischen Rohrelement, auf dessen äußerer Fläche eine Schicht des zu zerstäu-

benden Überzugsmaterials aufgetragen worden ist, und Magnetmitteln, die in diesem Rohrelement angeordnet werden, um eine sich in Längsrichtung davon erstreckende Zerstäubungszone vorzusehen, beschrieben.

Der Gegenstand der europäischen Patentschrift ist gekennzeichnet durch Mittel zum Drehen dieses Rohrelements um seine Längsachse, um verschiedene Teile des Überzugsmaterials in eine Zerstäubungsstellung gegenüber den vorerwähnten Magnetmitteln und innerhalb der vorerwähnten Zerstäubungszone zu bringen, und durch in der Beschichtungskammer befindliche Mittel zum horizontalen Abstützen der Substrate und zum Transportieren dieser an den Magnetmitteln vorbei, damit diese Substrate das zerstäubte Material empfangen.

Rotierende Targets des Standes der Technik sind normalerweise als dünne rohrförmige Schichten auf einem Trägerrohr aufgebracht. Es besteht die Gefahr, daß derartige dünne Targetschichten in relativ kurzer Zeit durchgesputtert werden und zwar, weil die erodierende Wirkung des Plasmas lokal in bestimmten Bereichen stärker ist als in anderen Bereichen.

Das Durchsputtern kann unter Umständen dazu führen, daß selbst das Trägerrohr beschädigt wird, daß es zu einer Perforation des Trägerrohrs und damit zu Wassereintritten kommt. Die Sputteranlage kann dadurch beschädigt oder zerstört werden. Weiterhin wird eine so auf dem Substrat gesputterte Schicht inhomogen.

Zum Stand der Technik gehört, daß die Konfiguration des Sputterplasmas und damit der Sputtergraben rennbahnähnlich ausgestaltet ist. Zwei lange Geraden sind über zwei Bögen oder zwei kurze Geraden miteinander verbunden. Diese kurzen Geraden werden auch als Querschenkel bezeichnet.

Wenn ein rotierendes Rohrtarget von einem derart ausgestalteten Plasma erodiert wird, dann sind während der Rotation diejenigen Zonen des rotierenden Targets zeitlich länger der Erosionswirkung ausgesetzt, die den Bögen oder kurzen Geraden des Plasmas gegenüberliegen. Dies erklärt sich aus der Geometrie der Rennbahn. Die Zonen des rotierenden Targets, die den Bögen oder kurzen Geraden des Plasmas gegenüberliegen, haben eine größere Verweilszeit in Bezug auf das Plasma als die Zonen des rotierenden Targets, die den langen Geraden des Plasmas ausgesetzt sind.

In der Praxis führt dies zu Abtragprofilen mit unerwünschten, ringnutförmigen Vertiefungen im rotierenden Target, die bis oder in das Trägerrohr reichen. Ein vorzeitiger Targetaustausch ist notwendig. Die Targetausnutzung ist mangelhaft.

Der Erfindung liegen folgende Aufgaben zugrunde:

Die oben geschilderten Nachteile des Standes der Technik sollen vermieden werden. Es soll ein Arcing-armer Betrieb des rotierenden Targets bei hoher Targetausnutzung erzielt werden. Insbesondere soll an den Enden des rotierenden Targets kein Arcing auftreten. Auch bei reaktivem Betrieb soll das Verfahren stabil durchgeführt werden können. Trotz hoher Targetausnutzung soll ein Durchsputtern des Rohrtargets verhindert werden.

Die gestellten Aufgaben werden erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das für die Stärke und Formgebung des Plasmas maßgebende Magnetfeld, insbesondere die Geometrie des Magnetfelds, so variiert wird, daß eine Konfiguration des Erosionsgrabens entsteht, die auf dem rotierenden Target ein rechteckiges oder nahezu rechteckiges Abtragprofil mit steilen Erosionsflanken erzeugt.

Dabei kann vorgesehen werden, daß die Erosionswirkung des Plasmas im Bereich der Geraden und der Bögen bzw. Querschenkel der Rennbahn durch Veränderung des Magnetfelds so variiert werden, daß ein rechteckiges oder nahezu rechteckiges Abtragprofil mit steilen Erosionsflanken

auf dem rotierenden Target erzeugt wird.

Insbesondere wird vorgeschlagen, daß die Längen der Bögen bzw. Querschenkel der Rennbahn so variiert werden, daß ein rechteckiges oder nahezu rechteckiges Abtragprofil mit steilen Erosionsflanken auf dem rotierenden Target erzeugt wird.

Im Rahmen der Erfindung wird nachfolgend eine Reihe von Maßnahmen zur Variation des Magnetfelds vorgeschlagen:

Die Position mindestens eines Magneten wird geändert. Die Stärke mindestens eines Magneten wird geändert. Weiterhin kann die Anzahl der Magnete geändert werden. Außerdem wird vorgeschlagen, daß mindestens ein Permanentmagnet durch einen Elektromagnet (stromdurchflossene Spule mit einem Eisenkern) in seiner Wirkung beeinflusst, gedrosselt oder unterstützt wird. Außerdem kann vorgesehen werden, daß mindestens ein Abstand zwischen Magnetpolen, daß der Abstand mindestens zweier Magnete zueinander oder daß der Abstand zwischen mindestens einem Magneten und der Oberfläche des rotierenden Targets geändert wird.

Außerdem wird vorgeschlagen, daß die Variation des Magnetfelds dadurch erfolgt, daß die Winkelstellung mindestens eines Magneten zum rotierenden Target geändert wird, daß die Form mindestens eines Magnetpols geändert wird, daß die Variation des Magnetfelds dadurch erfolgt, daß an mindestens einem Magnetpol ein Shunt (magnetische Überbrückung zwischen Magnetpol und Magnetjoch) angeordnet wird oder daß die Variation des Magnetfelds dadurch erfolgt, daß mindestens ein spezieller Polschuh am Magnet befestigt wird.

Durch die Erfindung werden folgende Vorteile erzielt:

Mit der Beseitigung der oben geschilderten Nachteile des Standes der Technik wird ein Arcing-armer Betrieb des rotierenden Targets bei hoher Targetausnutzung erzielt. Auch bei reaktivem Betrieb kann das Verfahren stabil durchgeführt werden. Trotz hoher Targetausnutzung wird ein Durchspütem des Rohrtargets verhindert.

Weitere Einzelheiten der Erfindung, der Aufgabenstellung und der erzielten Vorteile sind der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung zu entnehmen.

Diese Ausführungsbeispiele werden anhand von acht Figuren erläutert.

Fig. 1 zeigt schematisch in einer Schnittdarstellung und in Seitenansicht einen Teil einer Sputteranlage mit rotierendem Target nach dem Stand der Technik.

Fig. 2 zeigt eine Schnittdarstellung entsprechend der Schnittlinie II-II der Fig. 1.

Fig. 3 und 4 zeigen die rennbahnähnliche Form des Plasmas bzw. des Erosionsgrabens.

Fig. 5 bis 7 zeigen verschiedene Abtragprofile.

Fig. 8 zeigt in schematischer Darstellung ein rotierendes Target und ein Magnetaggregat, bestehend aus zwei Magneten.

Bei der nachfolgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele der Erfindung wird von einem Stand der Technik ausgegangen, wie er sich in Form der oben zitierten Schriften darstellt.

Die Beschreibungen und die Figuren dieser Schriften können zur Erläuterung der Ausgangsbasis für die nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiele der Erfindung herangezogen werden.

In Fig. 1 ist ein Teil einer Sputteranlage, wie sie zum Stand der Technik gehört, dargestellt. Es handelt sich um einen Typ, wie er mit seinen Einzelheiten in der Airco-Prospekt-Zeichnung gezeigt wird.

Zu einer derartigen an sich bekannten Sputteranlage ge-

hört ein rotierendes Target, ein Targetantriebssystem, das Magnetaggregat eines Magnetrons, eine Kühlwasserversorgung für das rotierende Target, eine Energieversorgung für die Katode und eine Vakuumkammer. Innerhalb der Vakuumkammer befinden sich unter anderem das rotierende Target und ein Substrat, auf dem während des Sputterprozesses eine Schicht aus Sputtermaterial aufwächst.

Im rohrförmigen rotierenden Target herrscht atmosphärischer Druck. Außerhalb des rotierenden Targets herrscht Vakuum.

Weitere Einzelheiten zu den bekannten Sputteranlagen mit rotierendem Target sind dem Airco-Prospekt, und der oben genannten europäischen Patentschrift 0070899 zu entnehmen.

Die Sputteranlage nach dem Stand der Technik, wie sie in Fig. 1 im Bereich des rotierenden Targets gezeigt wird, weist neben einem rotierenden Target 1 ein rotierendes Targetträgerrohr 2 für das rotierende Target auf. Mit 3 und 4 sind Teile der Wände der Vakuumkammer bezeichnet. Mit Hilfe der Rohrstücke 5 und 6, die gegenüber den Wänden der Vakuumkammer durch die Dichtungen 13, 14 abgedichtet sind, wird das rotierende Target gelagert.

Außerdem dienen diese Rohrstücke zur Leitung des Kühlmediums. Das anströmende Kühlmedium, beispielsweise Wasser, wird durch den Pfeil 7 und das abströmende Kühlmedium durch den Pfeil 8 dargestellt. Im Innenraum des rohrförmigen, rotierenden Targetträgerrohrs, der in seiner Gesamtheit mit 9 bezeichnet ist, befindet sich das Magnetaggregat 10 des Magnetrons. Zur Kühlung wird das Magnetaggregat mit Wasser 11 umspült.

Die Position des Plasmas ist in Fig. 1 mit 12 bezeichnet.

Fig. 2 zeigt das Schnittbild des Gegenstands der Fig. 1 gemäß der Schnittlinie II-II. Aus Fig. 2 sind das rotierende Target und das Targetträgerrohr zu erkennen. Vom Magnetaggregat sind die Magnete 15, 16, 17, 18 zu erkennen, sowie die dazugehörigen Magnetjoch 19 und 20. 21 ist ein Halteelement.

Wie in den Schriften zum Stande der Technik beschrieben, rotieren das Target 1 und das Targetträgerrohr 2, während das Magnetaggregat mit seinen Magneten 15, 16, 17, 18 und seinem Halteelement 21 stationär angeordnet ist.

In Fig. 3 ist die rennbahnähnliche Form des Erosionsgrabens auf dem rotierenden Target 47 bzw. des Plasmas dargestellt. Die beiden langen Geraden tragen die Bezugswerte 22 und 23. Die, die beiden langen Geraden verbindenden Geraden, auch Bögen oder Querschenkel genannt, tragen die Bezugswerte 24, 25.

Ein Punkt 26 auf dem rotierenden Target 47, der in Richtung des Pfeils 27 durch die Einwirkungszone des Plasmas bewegt wird, hat eine längere Verweilszeit im Sputterprozess als ein Punkt 28, der in Richtung des Pfeils 29 durch die Einwirkungszone 23 und 22 des Plasmas geführt wird. Demzufolge entsteht ein Abtragprofil 35 (schraffierte Fläche), wie es in Fig. 5 gezeigt wird.

Die oben erwähnten Punkte 26 und 28 auf der Targetoberfläche 47 sind symbolisch in Fig. 5 ebenfalls mit 26 und 28 bezeichnet. Fig. 5 zeigt eine Hälfte eines rotierenden Targets 44.

Die ringnutzförmigen Vertiefungen 30, 31 in der erodierten Oberfläche des rotierenden Targets 44 sind unerwünscht. Sie können, wie oben dargestellt, das Trägerrohr erreichen. Unter ungünstigen Umständen wird selbst das Trägerrohr durchgesputtert und es kommt zu einem Wassereintrich, denn das Trägerrohr ist, wie im Zusammenhang mit den Fig. 1 und 2 beschrieben, gleichzeitig Aufnahmebehälter für das Kühlwasser.

Ein weiteres unerwünschtes Abtragprofil eines rotierenden Targets 45 wird in Fig. 6 dargestellt.

Die Flanken des Abtragprofils 32 (schraffierte Fläche), die mit 33 und 34 bezeichnet sind, sind flach ausgestaltet. Die Targetausnutzung ist daher mangelhaft.

Fig. 7 zeigt ein Abtragprofil eines rotierenden Targets 46, wie es durch die Erfindung angestrebt wird. Dieses Abtragprofil 36 (schraffierte Fläche) ist im wesentlichen rechteckig. Es werden steile Abtragflanken 37, 38 angestrebt.

Zur Erreichung dieses rechteckigen oder nahezu rechteckigen Abtragprofils 36 werden durch die Erfindung mehrere Maßnahmen vorgeschlagen, die im wesentlichen in einer Optimierung des für das Plasma maßgebenden Magnetfelds bestehen. Diese Optimierung erfolgt experimentell.

In Fig. 4 wird dargestellt, daß durch die Veränderung der Länge der Querschenkel 39, 40 des rennbahnähnlichen Plasmas die erodierende Wirkung der Querschenkel des Plasmas auf das rotierende Target so variiert wird, daß sie gleich der erodierenden Wirkung der beiden Geraden 41, 42 des rennbahnähnlichen Plasmas ist. Die Länge der Querschenkel 39, 40 ist mit dem Maß 43 bezeichnet. Durch Experimente wird herausgefunden, bei welchem Maß 43 ein Abtragprofil erzeugt wird, das dem Abtragprofil 36 der Fig. 7 entspricht.

Weiter oben wurde beschrieben, welche Maßnahmen in weiteren Ausführungsbeispielen der Erfindung getroffen werden können, um ein Abtragprofil zu erzielen, wie es in Fig. 7 gezeigt und mit Bezugsziffer 36 bezeichnet ist.

In Fig. 8 wird gezeigt, wie durch Veränderung des Abstands 49 zwischen zwei Magneten 50, 51 das Abtragprofil optimiert werden kann.

Eine alternative oder zusätzliche Maßnahme kann darin bestehen, daß die Abstände 54, 60 zwischen dem Magnetpol 52 und dem Magnetpol 53 bzw. zwischen dem Magnetpol 61 und dem Magnetpol 62 verändert werden.

Weiterhin wird im Rahmen der Erfindung vorgeschlagen, daß der Abstand 55 zwischen den Magnetpolen und der Targetoberfläche 56 variiert wird. Das Target selbst ist in Fig. 8 mit 57 bezeichnet, das Targetträgerrohr trägt die Bezugsziffer 58.

Eine weitere Maßnahme zur Variation des Magnetfelds besteht in der Anordnung eines Shunts zwischen einem Magnetpol und dem zugeordneten Magnetjoch. So ist beispielsweise in Fig. 8 ein Shunt 59 dargestellt, der den Magnetpol 52 und das Magnetjoch 50 überbrückt.

Bezugszeichenliste

- 1 rotierendes Target
- 2 Trägerrohr
- 3 Wand
- 4 Wand
- 5 Rohrstück
- 6 Rohrstück
- 7 Pfeil
- 8 Pfeil
- 9 Innenraum
- 10 Magnetaggregat
- 11 Wasser
- 12 Plasmaposition, Plasma
- 13 Dichtung
- 14 Dichtung
- 15 Magnet
- 16 Magnet
- 17 Magnet
- 18 Magnet
- 19 Magnetjoch
- 20 Magnetjoch
- 21 Halteelement
- 22 lange Gerade
- 23 lange Gerade

- 24 Bogen, kurze Gerade, Querschenkel
- 25 Bogen, kurze Gerade, Querschenkel
- 26 Punkt
- 27 Pfeil
- 28 Punkt
- 29 Pfeil
- 30 Vertiefung
- 31 Vertiefung
- 32 Abtragprofil
- 33 Flanke
- 34 Flanke
- 35 Abtragprofil
- 36 Abtragprofil
- 37 Flanke
- 38 Flanke
- 39 Querschenkel
- 40 Querschenkel
- 41 Gerade
- 42 Gerade
- 43 Maß
- 44 rotierendes Target
- 45 rotierendes Target
- 46 rotierendes Target
- 47 rotierendes Target
- 48 rotierendes Target
- 49 Abstand
- 50 Magnetjoch bzw. Magnet
- 51 Magnetjoch bzw. Magnet
- 52 Magnetpol
- 53 Magnetpol
- 54 Abstand
- 55 Abstand
- 56 Targetoberfläche
- 57 Target
- 58 Targetträgerrohr
- 59 Shunt
- 60 Abstand
- 61 Magnetpol
- 62 Magnetpol

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung eines homogenen Abtragprofils auf einem rotierenden Target, das insbesondere die Form eines Rohrs hat, einer Sputtervorrichtung, die vorzugsweise mit einer Magnetronkatode ausgerüstet ist, wobei das Plasma und der durch das Plasma erzeugte Erosionsgraben die Form einer Rennbahn mit zwei langen Geraden und mit zwei Bögen bzw. Querschenkeln, die die beiden langen Graben miteinander verbinden, haben, **dadurch gekennzeichnet**, daß das für die Stärke und Formgebung des Plasmas maßgebende Magnetfeld, insbesondere die Geometrie des Magnetfelds, so variiert wird, daß eine Konfiguration des Erosionsgrabens entsteht, die auf dem rotierenden Target ein rechteckiges oder nahezu rechteckiges Abtragprofil (36) mit steilen Erosionsflanken (37, 38) erzeugt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Erosionswirkung des Plasmas im Bereich der Geraden (22, 23) und der Bögen bzw. Querschenkel (24, 25) der Rennbahn durch Veränderung des Magnetfelds so variiert werden, daß ein rechteckiges oder nahezu rechteckiges Abtragprofil (36) mit steilen Erosionsflanken (37, 38) auf dem rotierenden Target (47) erzeugt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Längen (43) der Bögen bzw. Querschenkel

(39, 40) der Rennbahn durch Veränderung des Magnetfelds so variiert werden, daß ein rechteckiges oder nahezu rechteckiges Abtragprofil (36) mit steilen Erosionsflanken (37, 38) auf dem rotierenden Target (48) erzeugt wird.

4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Variation des Magnetfelds dadurch erfolgt, daß die Position mindestens eines Magnets geändert wird.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Variation des Magnetfelds dadurch erfolgt, daß die Stärke mindestens eines Magnets geändert wird.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Variation des Magnetfelds dadurch erfolgt, daß die Anzahl der Magnete geändert wird.

7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Variation des Magnetfelds dadurch erfolgt, daß mindestens ein Permanentmagnet durch einen Elektromagnet (stromdurchflossene Spule mit einem Eisenkern) in seiner Wirkung beeinflusst, unterstützt oder gedrosselt wird.

8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Variation des Magnetfelds dadurch erfolgt, daß mindestens ein Abstand (54) zwischen Magnetpolen (52, 53) geändert wird.

9. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Variation des Magnetfelds dadurch erfolgt, daß der Abstand (49) mindestens zweier Magnete (50, 51) zueinander geändert wird.

10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Variation des Magnetfelds dadurch erfolgt, daß der Abstand (55) zwischen mindestens einem Magneten (50) und der Oberfläche (56) des rotierenden Targets geändert wird.

11. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Variation des Magnetfelds dadurch erfolgt, daß die Winkelstellung mindestens eines Magneten zum rotierenden Target geändert wird.

12. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Variation des Magnetfelds dadurch erfolgt, daß die Form mindestens eines Magnetpols geändert wird.

13. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Variation des Magnetfelds dadurch erfolgt, daß an mindestens einem Magnetpol (52) ein Shunt (59) (magnetische Überbrückung zwischen Magnetpol und Magnetjoch) angeordnet wird.

14. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Variation des Magnetfelds dadurch erfolgt, daß mindestens ein spezieller Polschuh am Magnet befestigt wird.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG.1

stand d. Technik

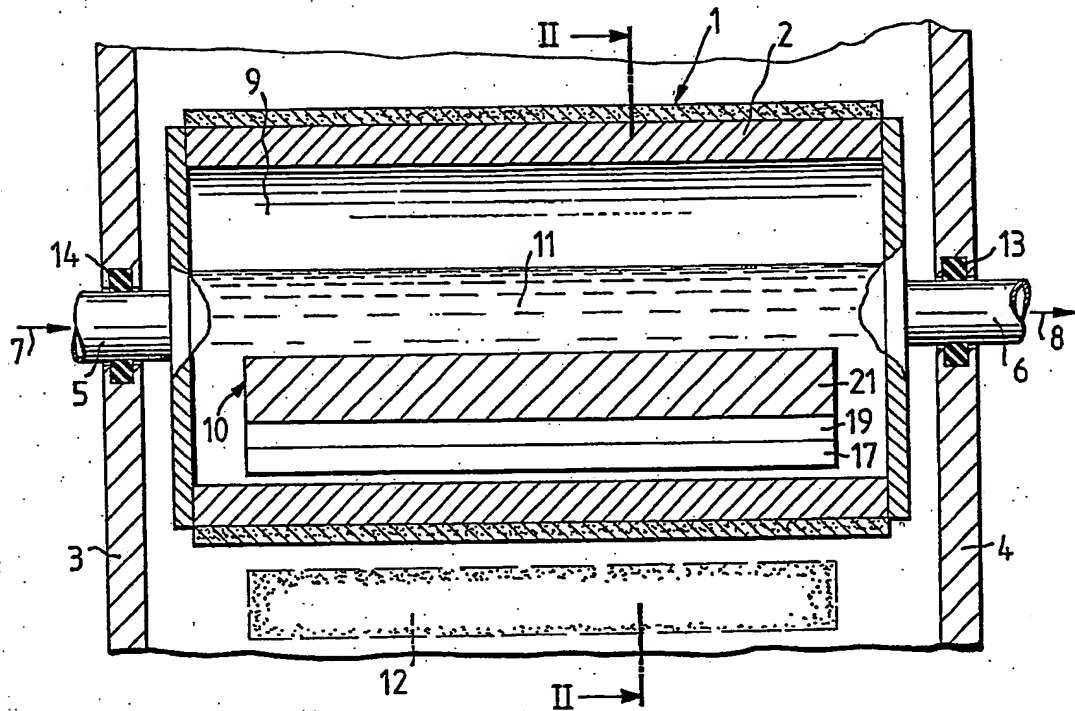


FIG.2

stand d. Technik

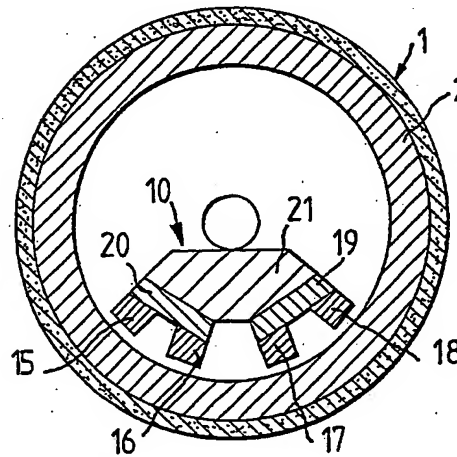


FIG.3

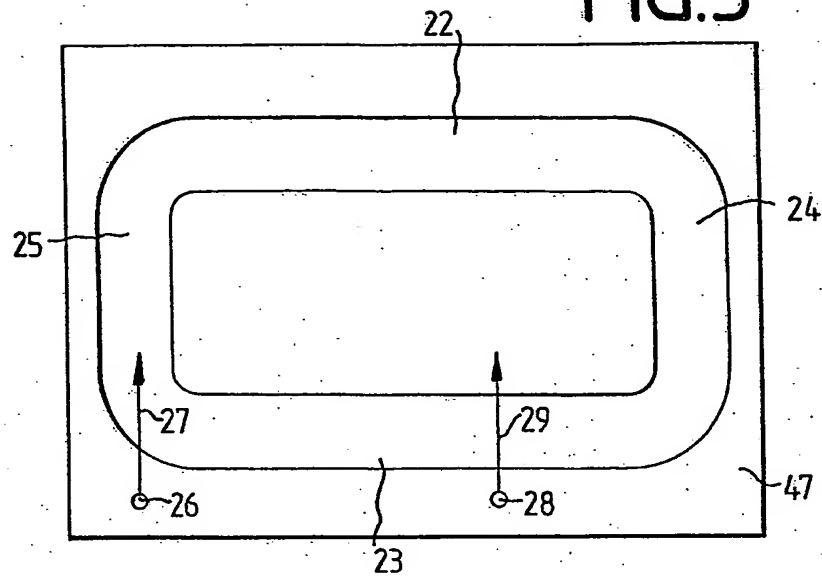


FIG.4

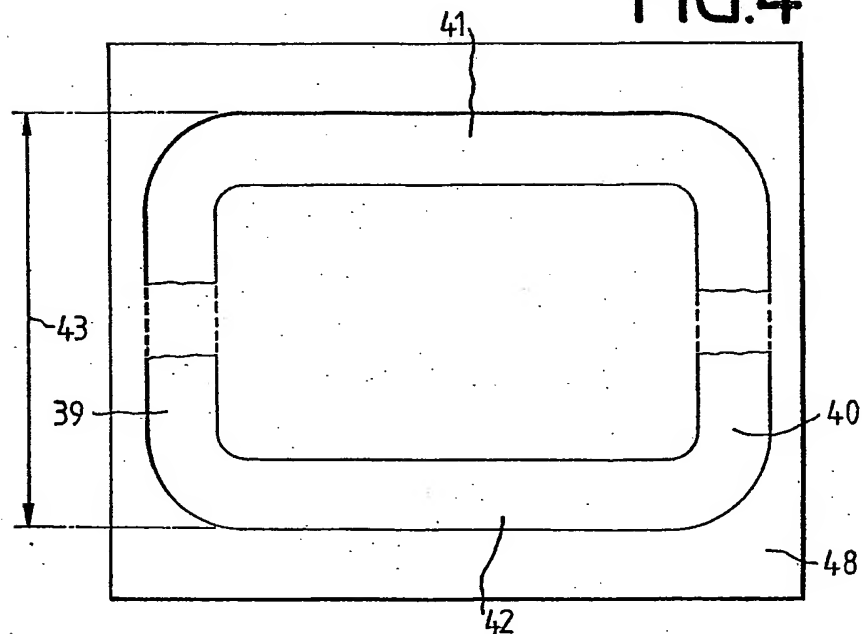


FIG.5

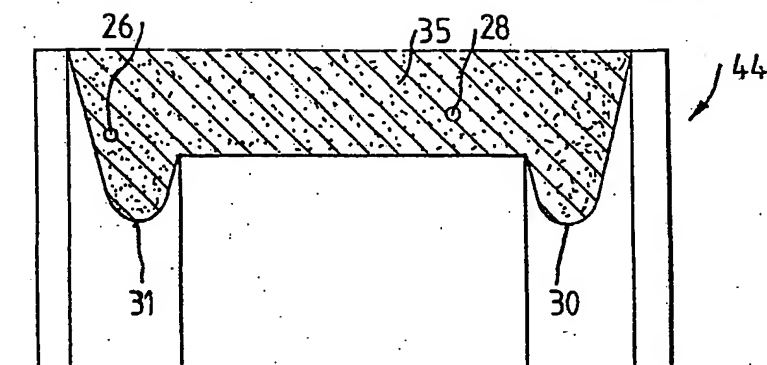


FIG.6

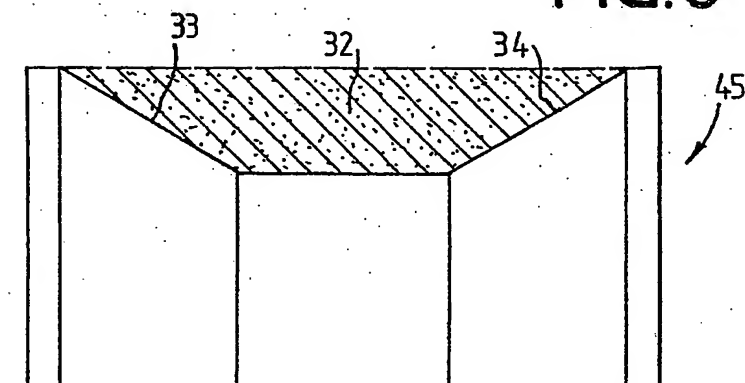


FIG.7

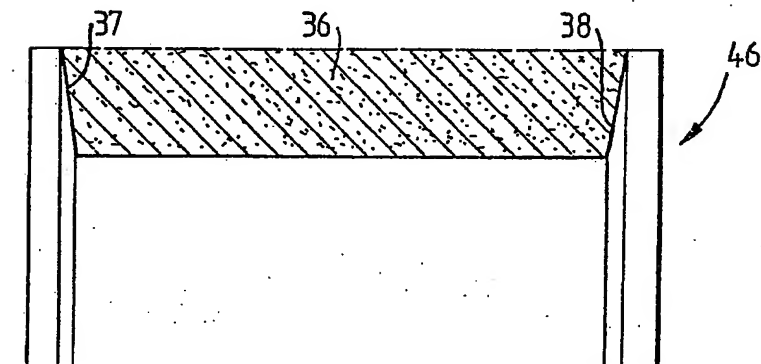
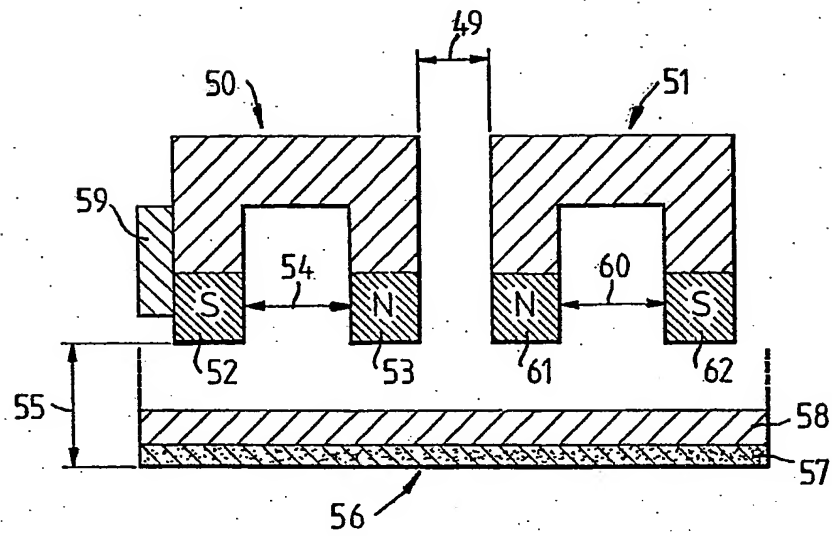


FIG.8



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)